

文章编号 1004-924X(2006)04-0001-04

非对称坡面底无阀压电泵

夏齐霄¹, 张建辉², 李 洪²

(1. 北京联合大学 机电学院, 北京 100020; 2. 北京工业大学 机械工程与应用电子学院, 北京 100022)

摘要: 无阀压电泵结构简单, 较有阀压电泵更适用于微小化, 尤其适用于微机电系统(MEMS), 可是无阀压电泵需在泵腔外面装配控制流体流动方向的部件, 这无疑会占用一定的空间, 阻碍其进一步微小化。本文首先提出了一种新型的非对称坡面底无阀压电泵, 这种泵巧妙地利用了泵腔内部的空间, 将泵腔底部沿吸入口和排出口方向设计成非对称坡面形状, 非对称坡面腔底与压电振子之间形成非对称交替排列的一组锥形流道, 当泵工作时, 使流体产生单向流动, 从而可以不再需要传统的锥形流管; 然后建立了这种泵关于平均值的流阻系数与泵流量关系的力学模型, 并利用该模型分析了泵的工作原理; 最后制作了非对称坡面腔底无阀压电泵, 利用试验证明了上述理论的正确性。试验用泵采用的工作电压为 220 V, 工作频率为 50 Hz, 压电振子有效直径为 30 mm, 当非对称坡面的倾角差为 70°, 工作介质为水时, 泵产生了 4.67 mm 水柱的压差。

关键词: 压电泵; 无阀; 流阻; 非对称坡面底

中图分类号: TH32 **文献标识码:** A

The valve-less piezoelectric pump with unsymmetrical slopes chamber bottom

XIA Qi-xiao¹, ZHANG Jian-hui², LI Hong²

(1. College of Mechanical & Electronic Engineering, Beijing Union University, Beijing 100020, China;

2. College of Mechanical Engineering & Applied Electronics Technology,
Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The valve-less piezoelectric pump is more suitable for minimization and microminiaturization than the valve piezoelectric one, especially for the Microelectromechanical System (MEMS) because of its simple structure. However, in order to produce net flow, some assemblies have to be attached outside the chamber. And it is no doubt that these assemblies will occupy some spaces and hinder its further microminiaturization. In this paper, a novel valve-less piezoelectric pump with unsymmetrical slopes chamber bottom (USCB) is presented. It ingeniously takes advantage of the space of the pump chamber by developing its bottom into an unsymmetrical slopes shape along the direction of the axis of the inlet and outlet. As a result, a series of diffuse channels and nozzle channels are alternatively formed between the USCB and the piezoelectric vibrator which is opposite to the USCB. It can force the fluid in the pump chamber to produce net flow when the pump works, and the regular diffuse/nozzle elements fitted outside the chamber can be eliminated. Mathematic model about this pump is established to present the relationship between the mean energy loss and the volume flow rate of the

收稿日期: 2005-09-14; 修订日期: 2006-06-20.

基金项目: 国家自然科学基金资助(No. 50575007)、北京市教育委员会科技发展计划资助项目(No. KM-200510005014)。

pump. Based on the mathematic model, the working theory of the pump is analyzed. Finally, a real USCB valve-less piezoelectric pump is manufactured, and the test with it is carried out to verify the theory above-mentioned. In the test, alternating current is employed as a power with voltage of 220 V and 50 Hz; the piezoelectric vibrator is utilized as the actuator, the diameter of which was 30 mm. The pressure difference in 4.67 mm of water is produced between the inlet and outlet when the pump works on water.

Key words: piezoelectricity; pump; valve-less; flow resistance; unsymmetrical slope chamber bottom

1 引言

无阀压电泵是近年来被热点研究的一种新型泵。与传统的泵相比,该泵在工作时依靠压电振子将电能转换为机械能,并将压电振子作为主动件直接将运动和力作用于工作介质,省却了从动构件链。无阀压电泵有多种结构形式,主要有:锥形流管无阀压电泵^[1-8],纤毛流管无阀压电泵^[9],热致变粘性无阀压电泵^[10]等形式。其中以锥形流管无阀压电泵应用最广,研究也最为充分^[1-8,11-13,15,17,18]。

可是锥形流管无阀压电泵需要在泵腔外安装一对互为倒置的锥形流管以使流体产生单向流动,这无疑会占用一定的空间,从而阻碍了其在微机电系统中的进一步密集集成及微型化。

本文将首先提出一种新型的非对称坡面底无阀压电泵^[14],这种泵巧妙地利用了泵腔内部的空间,将泵腔底部沿吸入口和排出口方向设计成非对称坡面形状,这组内置于泵腔内的非对称起伏坡面恰好与压电振子之间形成了非对称交替排列的一组锥形流道或称为楔形流道,替代了传统的外置于泵腔的锥形流管的功能,使流体产生单向流动;然后建立了泵的能耗宏观平均值的流阻系数与泵流量流体力学关系式,并利用该模型分析了这种泵的工作原理;最后制作了非对称坡面底无阀压电泵,利用试验证明了上述理论的正确性。

2 锥形流管无阀压电泵

锥形流管无阀压电泵是目前应用最广,研究也最为充分的无阀压电泵。目前锥形流管无阀压电泵可分为两类结构形式:立体结构^[1-3](图 1 所示)与平面结构^[12-13](图 2 所示)。

在压电振子的压电陶瓷片两端施加交变电

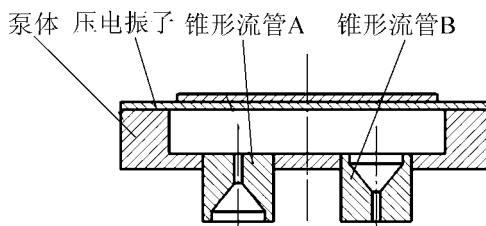


图 1 锥形流管无阀压电泵(立体结构)^[1-3]

Fig. 1 PIZ pump with diffuser/nozzle^[1-3]

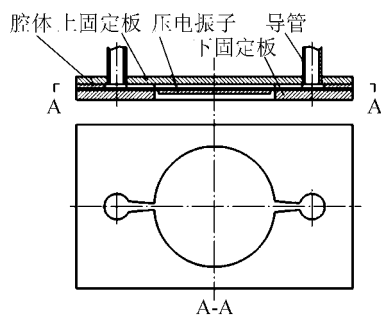


图 2 锥形流管无阀压电泵(平面结构)^[12-13]

Fig. 2 PIZ pump with diffuser/nozzle elements (plane structure)^[12,13]

压,压电振子就会产生交替的上下凸凹变形,这样由压电振子、泵体及一对互为倒置的锥形流管 A 与 B 所组成的空间就形成了容积周期变化的泵腔。压电振子向上运动时,泵腔容积增加,锥形流管 A 与锥形流管 B 同时吸入流体。此时锥形流管 A 工作于收缩管状态,而锥形流管 B 工作于扩张管状态。在其他条件相同的情况下收缩管锥形流管 A 与扩张管锥形流管 B 的流动阻力不同,即流阻系数不同,所以锥形流管 A 与锥形流管 B 吸入流体的量也不同。

压电振子向下运动时,泵腔容积减少,锥形流管 A 与锥形流管 B 同时排出流体。锥形流管 A 工作于扩张管状态,而锥形流管 B 工作于收缩管状态。在其他条件相同的情况下扩张管锥形流管

A 与收缩管锥形流管 B 的流动阻力不同,也就是流阻系数不同,所以锥形流管 A 与锥形流管 B 排出流体的量也不同。

对于上述一对互为倒置的锥形流管结构形式,吸入时流入泵腔流体量少的锥形流管,则排出时流出泵腔流体量多。反之吸入时流入泵腔流体量多的锥形流管,则排出时流出泵腔流体量少。上述结构也就构成了可以动态实现单向流动的泵。

3 非对称坡面底无阀压电泵

图 3 所示为非对称坡面底无阀压电泵结构图。泵主要是由:压电振子、泵体及一组非对称坡面底组成,非对称坡面底组成结构起到了迫使流体单向流动的功能。这种使用了非对称坡面底结构的泵在腔外不再需要附加类似于锥形流管的结构,从而简化了泵的结构,缩小了泵的体积。

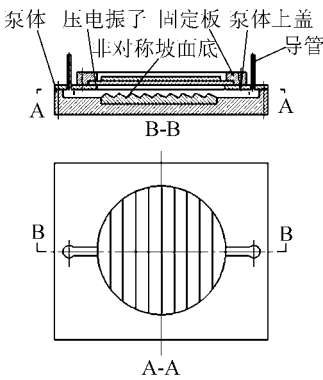


图 3 非对称坡面底无阀压电泵
Fig. 3 PIZ pump with the USCBB

图 4 所示为非对称坡面底结构。非对称坡面底结构的含义是坡面底的坡面由连续若干组左右两侧倾角不等的斜面构成。非对称坡面底构件在泵组装封闭前放入到泵腔内。相邻坡面相交的条痕线与吸入/排出口的轴线相垂直。非对称坡面底结构可以近似的认为是平面结构也可以称为楔形结构。

非对称坡面底无阀压电泵中流体的单向流动是依靠非对称坡面底的结构形状来实现的。其上方为压电振子。压电振子的周勤运动引起泵腔内压力的周期变化,导致泵腔内外流体作吸入与排出流动,流体将反复流经这些坡面,由于相邻坡

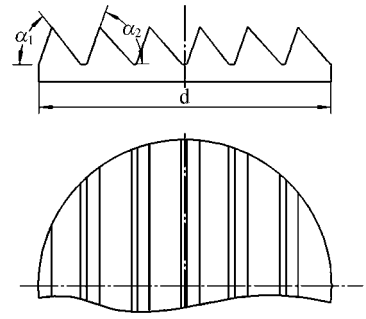


图 4 非对称坡面底结构
Fig. 4 The structure of the USCBB

面的倾角不同,将对流体产生不同的能耗。这样,在非对称坡面底的作用下,流体在宏观上产生单向流动。

图 5 所示为非对称坡面底无阀压电泵工作原理图。在吸程,压电振子向上方运动,如图 5(a)所示,泵腔容积变大,泵腔内压力降低,流体经两侧流道进入泵腔。在排程,压电振子向下方运动,如图 5(b)所示,泵腔容积变小,腔内压力升高,流体经两侧流道排出泵腔。

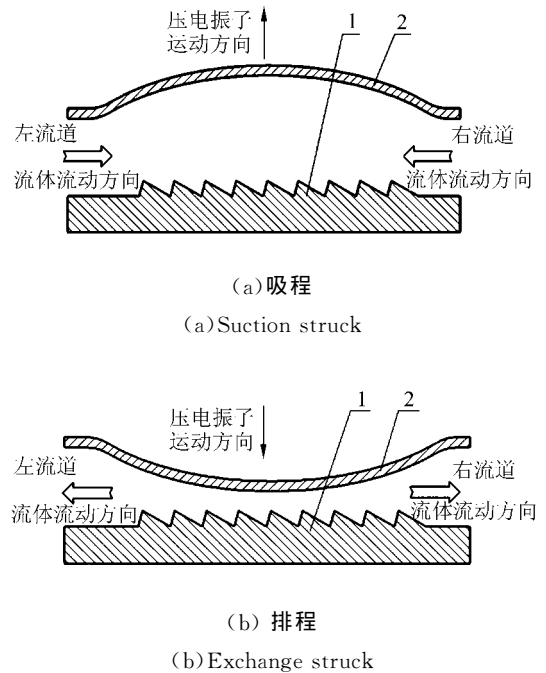


图 5 工作原理图
Fig. 5 Working principle

由于压电振子工作时的位移很小,因此,可近似看作为活塞运动。非对称坡面腔底是由起伏的平面重复排列而成。取其中的一对平面作为分

析单元,如图 6 所示。在每个吸排程周期内,单元流道内的流体都要经过一次从左向右流动和从右向左流动的过程。由于压电泵中流动的流体为振荡流,其流阻受到泵的结构尺寸,压电振子频率,入射流角度等多因素的影响,目前没有成熟的方法分析其流阻,通常使用充分发展流替代进行定性分析^[15]。

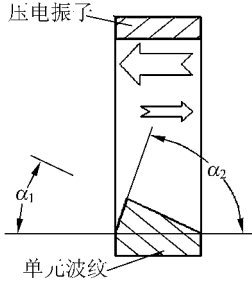


图 6 单元流道
Fig. 6 Flow unit

4 理论分析

流体在上行流经坡面和下行流经坡面时都会产生压强损失,当流体自左向右流动时,流体先上行流经由 α_1 形成的坡面,再下行流经由 α_2 形成的坡面。在忽略了壁面摩擦后,流体流过 m 组坡面后的压强损失可表达为:

$$\begin{aligned} \Delta p_L &= \Delta P_{n1}(\alpha_1) + \Delta P_{d1}(\alpha_2) + \Delta P_{n2}(\alpha_1) + \\ &\quad \Delta P_{d2}(\alpha_2) + \dots + \Delta p_{m1}(\alpha_1) + \Delta p_{dm}(\alpha_2) \\ &= \sum_{i=1}^m (\Delta p_{ni}(\alpha_1) + \Delta p_{di}(\alpha_2)) \\ &= \frac{\rho v^2}{2} \sum_{i=1}^m [\xi_{ni}(\alpha_1) + \xi_{di}(\alpha_2)], \end{aligned} \quad (1)$$

式中

Δp_L —流体自左向右流动时,产生的总压强损失;

$\Delta p_{ni}(\alpha_1)$ —流体上行流经 α_1 形成的坡面时的压强损失, $i=1, 2 \dots \dots m$;

$\Delta p_{di}(\alpha_2)$ —流体下行流经 α_2 形成的坡面时的压强损失;

$\xi_{ni}(\alpha_1)$ —由 α_1 形成的第 i 个上行坡面流阻系数^[16];

$\xi_{di}(\alpha_2)$ —由 α_2 形成的第 i 个下行坡面流阻系数^[16];

v —流体平均流速;

ρ —流体密度。

同理,当流体自右向左流动时,先上行流经由 α_2 形成的坡面,再下行流经由 α_1 形成的坡面。压强损失可表达为:

$$\Delta p_R = \frac{\rho v^2}{2} \sum_{i=1}^m [\xi_{mi}(\alpha_2) + \xi_{di}(\alpha_1)], \quad (2)$$

式中

Δp_R —流体自左向右流动时,产生的总压强损失;

$\xi_{mi}(\alpha_2)$ —由 α_2 形成的第 i 个上行坡面流阻系数;

$\xi_{di}(\alpha_1)$ —由 α_1 形成的第 i 个下行坡面流阻系数。

流体自左向右流动和自右向左流动时总的压强降可分别表达为:

$$\begin{cases} \Delta p_L = \xi_{LS} \frac{\rho v^2}{2} \\ \Delta p_R = \xi_{RS} \frac{\rho v^2}{2} \end{cases}, \quad (3)$$

由式(1)~(3)可得,流阻系数为:

$$\begin{cases} \xi_{LS} = \sum_{i=1}^m [\xi_{ni}(\alpha_1) + \xi_{di}(\alpha_2)] \\ \xi_{RS} = \sum_{i=1}^m [\xi_{mi}(\alpha_2) + \xi_{di}(\alpha_1)] \end{cases}, \quad (4)$$

式中

ξ_{LS} —流体自左向右流经 m 个单元流道时的流阻系数;

ξ_{RS} —流体自右向左流经 m 个单元流道时的流阻系数。

根据文献^[17,18],压电泵的流量可以近似表达为:

$$q_V = \Delta V f \frac{\xi_{LS} - \xi_{RS}}{2 + \xi_{LS} + \xi_{RS}}, \quad (5)$$

式中

q_V —流量;

f —压电片振动频率。

ΔV 可由公式(6)表示^[17-18]为:

$$\begin{cases} \Delta V = V_{t_0/2} - V_0 \\ V_{t_0/2} = 2\pi \int_0^{2R} \omega(r, t_0/2) dr \\ V_0 = 2\pi \int_0^{2R} \omega(r, 0) dr \end{cases}, \quad (6)$$

式中^[17-18]

$\omega(r, 0), \omega(r, t_0/2)$ —压电振子在 0 时刻和

$t_0/2$ 时刻的位移量;

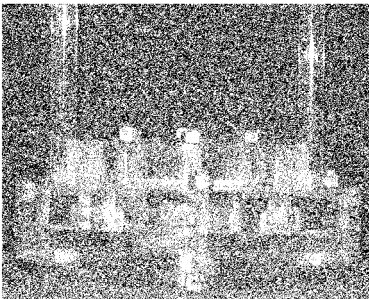
R —压电振子半径。

由公式(5)可知,当 $\xi_{LS} - \xi_{RS} \neq 0$ 时,则泵的流量 $q_v \neq 0$,从而可以使流体产生单一方向上的流动。为了使 $q_v \neq 0$,将坡面底设计成非对称三角形,则流体流经时,左右不等的倾角和不相等的坡面长使其流阻也不相等,也就是说非对称坡面底结构形状使流阻不等,不等的流阻产生了单向流动。

5 实验

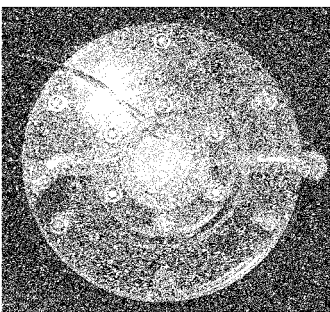
图 7 所示为试验用非对称坡面底压电泵的照片,该照片所示的压电泵与图 3 所示的压电泵结构完全相同。

为便于观测,泵体用有机玻璃制作。非对称坡面嵌块用黄铜制成(见图 8)。压电泵的几何与工作参数由表 1 给出。在实验中,以水为实验介质。 α_2 采用 90° 固定值, α_1 由 30° 变化到 70° 。在不同的 $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ 下,泵的压差不同。泵的压差随 $\Delta\alpha$ 的增大而增加。实验结果曲线由图 9 所示。



(a)主视照片

(a)The front photo of the pump



(b)俯视照片

(b)The down photo of the pump

图 7 实验用泵的照片

Fig. 7 The photo of the pump for the experiment

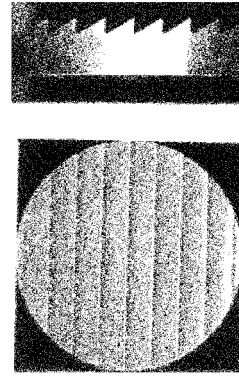


图 8 $\alpha_1 = 30^\circ$ 的波纹嵌块主视与俯视照片

Fig. 8

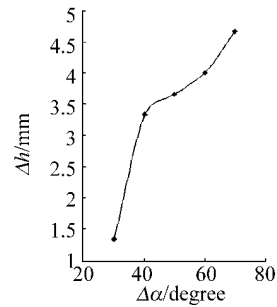


图 9 当 $\alpha_2 = 90^\circ$ 时 $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ 与压差之间的关系
Fig. 9 The relationship between the pressure different and the $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ on the condition of $\alpha_2 = 90^\circ$

表 1 压电泵的几何与工作参数

Tab. 1 Parameter of the pump

工作电压 /V	工作频率 /Hz	压电振子有效直径/mm	坡面高度 /mm
220	50	30	2

6 讨论与分析

在压电振子上下运动的一个周期内,由于流体在泵腔内沿非对称坡面底互为相反方向流动时产生的流阻不同,流体在非对称坡面底的作用下,自一侧流道流入、流出泵腔的流量差等于自另一侧流道的流出、流入的流量差。这一流量差就表现为流体在宏观上的单一方向流动。

据文献^[18],压差高度可表示为公式(7):

$$\Delta h = \frac{q_v^2}{2gS^2}, \quad (7)$$

式中

S —流道的截面积。

流体自左向右和自右向左流经非对称坡面底时的流阻差为:

$$\xi_{LS} - \xi_{RS} = \sum_{i=1}^m (\Delta\xi_{1i} - \Delta\xi_{2i}), \quad (8)$$

式中

$$\begin{cases} \Delta\xi_{1i} = \xi_{ni}(\alpha_1) - \xi_{di}(\alpha_1) \\ \Delta\xi_{2i} = \xi_{ni}(\alpha_2) - \xi_{di}(\alpha_2) \end{cases}, \quad (9)$$

由于在泵腔中,非对称坡面与压电振子之间形成锥角分别为 α_1 和 α_2 的锥形流道,在流体往复流动下,其作用相当于锥形流管。由文献^[18]可知,锥角一定的锥形流管在流体分别作渐扩流动和渐缩流动时,产生的粘性底层和能耗不同,其表现为流阻不等,即:

$$\begin{cases} \xi_{ni}(\alpha_1) - \xi_{di}(\alpha_1) \neq 0 \\ \xi_{ni}(\alpha_2) - \xi_{di}(\alpha_2) \neq 0 \end{cases}, \quad (10)$$

分析公式(5),(8)~(10)可知: $\Delta\xi_1$ 和 $\Delta\xi_2$ 相差越大,则泵的流量就越大。据文献^[19],在一定的锥角范围内,当锥角越大时,流体在互为相反方向流动时的流阻的差值就越大。反之,则越小。因此,在一定范围内时,当 α_1 与 α_2 相差越大,即: $\Delta\alpha$ 越大时, $\Delta\xi_1$ 和 $\Delta\xi_2$ 相差越大, $|\xi_{LS} - \xi_{RS}|$ 也就越大,从而流量和压强差也就越大。在实验中,单元倾角差分别取 $\Delta\alpha = 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ$,所产生的压强差如图9所示,压强差随着 $\Delta\alpha$ 的增大而增大。实验结果与理论分析相符合,从而验证了

理论分析的正确性。

7 结 论

(1) 提出了一种新型的非对称坡面底无阀压电泵,这种泵巧妙地利用了泵腔内部的空间,将泵腔底部沿吸入口和排出口方向设计成非对称坡面形状,非对称坡面形腔底与压电振子之间形成非对称交替排列的一组锥形流道或称为楔形流道,替代了传统锥形流管无阀压电泵中安装在泵腔之外的锥形流管,使流体产生单向流动。

(2) 建立了非对称坡面底流道关于表现能耗宏观平均值的流阻系数与泵流量流体力学关系式,并利用该模型从理论上定性分析了非对称坡面底无阀压电泵的工作原理及相邻坡面的倾角差这一关键参数对泵压强差的影响。

(3) 实际制作了非对称坡面底无阀压电泵,利用不同坡面倾角差的非对称坡面底对该泵进行试验。试验表明,随着坡面倾角差 $\Delta\alpha$ 的变大,泵所产生的压强差也越大。试验中在坡面倾角差 $\Delta\alpha$ 最小为 30° 时,泵的压强差为 1.33 mm 水柱,在坡面倾角差 $\Delta\alpha$ 最大为 70° 时,泵的压强差为 4.67 mm 水柱。这一试验结果证明了上述理论的正确性。

参考文献:

- [1] ERIK S, GÖRAN S. A valve-less diffuser/nozzle-based fluid pump[J]. *Sensors and Actuators A*, 1993, 39(12): 159-176.
- [2] ERIK S, GÖRAN S. Displacement pumps of diaphragm type world intellectualproperty organization[J]. *Intellectual Application Number*: PCT/SE94/001/00142.
- [3] 程光明,曾平,杨国欣,等. 新结构压电泵实验研究[J]. *中国机械工程*, 1998, 9(8): 18-20.
CHENG G M, ZENG P, YANG G X, et al. Experiment and reaserch on the piezoelectric pump with a new structure [J]. *Chinese Mechanic Engineer*, 1998, 9(8): 18-20. (in Chinese)
- [4] 阚君武,杨志刚,程光明. 压电泵现状与发展[J]. *光学 精密工程*, 2002, 10(6): 619-624.
KAN J W, YANG ZH G, CHENG G M. Research on piezoelectric pump and its development[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2002, 10(6): 619-624.
- [5] JIANG X N, ZHOU Z Y, HUANG X Y, LI Y, et al. Micronozzle/diffuser flow and its application in micro valveless pumps[J]. *Sensors and Actuators A: Physical*, 1998, 70: 81-87.
- [6] 程光明,曾平,吴博达,等. 新结构压电泵锥形角度与泵性能关系分析[J]. *压电与声光*, 1999, 21(2): 104-107.
CHENG G M, ZENG P, WU B D, et al. Analysis of the relation ship between function and cone angle of piezoelectric pump with new structure[J]. *Piezoelectrics & a coustooptics*, 1999, 21(2): 104-107. (in Chinese)

- [7] SINGHAL V, GARIMELLA S V, MURTHY J Y. Low Reynolds number flow through nozzle-diffuser elements in valveless micropumps[J]. *Sensors and Actuators A: Physics*, 2004, 113(2): 226-235.
- [8] 张建辉. 一种往复式可连续改变锥角锥形流管无阀泵[P]. 中华人民共和国专利 200410000669. 7.
ZHANG J H. A Piezoelectric Pump with Angle Variable Diffuser/nozzle Element[P]. *PRC Patent*, 200410000669. 7.
- [9] 张建辉. 一种新型压电泵[P]. 中华人民共和国专利, ZL98122356. 7.
ZHANG J H. A nevol Piezoelectric Pump[P]. *PRC patent*, ZL98122356. 7. (in Chinese)
- [10] MATSUMOTO S, MAEDA R, KLEIN A. Characterization of a valve-less micropump based on liquid viscosity [J]. *Microscale Thermo Physical Engineer*, 1999, (3-1), 31-40.
- [11] ZHANG J H, XIA Q X, HONG ZH. Flow direction of piezoelectric pump with nozzle/diffuse-elements[J]. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 2004, 3(1): 107-109.
- [12] 吴博达, 李军, 程光明, 等. 平板式无阀压电流体泵的初步研究[J]. *压电与声光*, 2001, 23(4): 256-258.
WU B D, LI J, CHENG G M, et al. Apreliminary strdy on plate valveless piezoelectric pump[J]. *Piezoelectrics & A Coustooptics*, 2001, 23(4): 256-258. (in Chinese)
- [13] 李军, 程光明, 杨志刚, 等. 一种改进的平板无阀压电流体泵[J]. *压电与声光*, 2001, 23(5): 351-353.
LI J, CHENG G M, YANG ZH G, et al. A plate valveless piezoelectric pump with improved structure[J]. *Piezoelectrics & A Coustooptics*, 2001, 23(5): 351-353. (in Chinese)
- [14] 张建辉. 无阀压电泵[P]. 中华人民共和国专利 200510090255. 2.
ZHANG J H. A valveless piezoelectric pump[P]. *PRC Patent*, 200510090255. 2.
- [15] SINGHAL V. Low reynolds number flow through nozzle-diffuser elements in valveless micropumps[J]. *Sensors and Actuators A: Physics*, 2004, 113(2): 226-235.
- [16] Jamal Mohammed Saleh. 流体流动手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2004.
SALEH J M. *Manual on Fluid Flowing*[M]. Beijing: Press of China Petrochemistry, 2004. (in Chinese)
- [17] 张建辉, 王守印, 杨东平. 压电锥形流管无阀泵的研究—振动解析及泵体容积变化量. *压电与声光*[J]. 1999, 21(6): 457-460.
ZHANG J H, WANG SH Y, YANG D P. A study on a valueless, piezoelectric diffuser/nozzle-based fluid pump; a-nalysis of vibration and changed amount of the chamber volume[J]. *Piezoelectrics & a coustooptics*, 1999, 21(6): 457-460.
- [18] 张建辉, 王守印. 压电锥形流管无阀泵的研究——单向流动原理及泵流量[J]. *压电与声光*, 2001, 23(1): 23-25.
ZHANG J H, WANG SH Y. A study on a valueless, piezoelectric diffuser/nozzle_one-way flow principle and the pump Fflow[J]. *Piezoelectrics & A coustooptics*, 2001, 23(1): 23-25.
- [19] WHITE F M. *Fluid Mechanics(5th Edition)*[M]. Beijing: The McGraw-Hill Companies Inc. and Tsinghua University Press, 2004.

作者简介: 夏齐霄(1964—), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为机械设计及理论。

文章编号 1004-924X(2006)04-0001-04

整体开启阀与悬臂梁阀压电泵性能研究

孙晓锋^{1,2}, 杨志强³, 刘晓论¹, 李欣欣¹, 林敬国¹

(1. 吉林大学 机械工程与自动化学院, 吉林 长春 130025;

2. 吉林化工学院机械和电子工程系, 吉林 吉林 132022; 3. 东北师范大学 吉林 长春 130022)

摘要: 设计了两种形式的被动截止薄膜阀—整体开启阀与悬臂梁阀, 对两种形式阀的过流特性进行了理论分析, 并应用两种形式的阀体制成了双腔串联压电泵的样机, 对样机的实验测试表明, 整体开启阀压电泵的自吸能力和输出流量都要好于悬臂梁阀压电泵。在 200 V 交流电压驱动下, 前者的最大自吸高度和输出流量分别为 430 mm 水柱和 972 ml/min, 而后者为 410 mm 水柱和 480 ml/min。

关键词: 压电泵; 双腔串联; 被动截止阀

中图分类号: TN384; TH38 **文献标识码:** A

Performance research on piezoelectric pumps based on holistic opening valve and cantilever valve

SUN Xiao-feng^{1,2}, YANG Zhi-qiang³, LIU Xiao-lun¹, LI Xin-xin¹, LIN Jing-guo¹

(1. *College of Mechanical Engineering and automatization, Jilin University, Changchun 130022, China;*

2. *Department of Machinery and Electricity Engineering, Jilin Institute of Chemical Technology, Jilin 132022, China;* 3. *Northeast Normal University, Changchun 130022, China*)

Abstract: The flow performance characteristics of two check valves, holistic opening valve and the cantilever valve, were investigated. The prototype of piezoelectric pump with double series-wound chambers was manufactured in two form valves. The experimental results show that the self-suck ability and output flux of the piezoelectric pump with holistic opening valve are better than the piezoelectric pump with cantilever valve. With the alternating current of 200 V, the maximum self-suck height of the formers is 430 mm water column (the pressure is about 43 kPa), and the maximum output flux is 972 ml/min, the counterpart value of the latter piezoelectric pump is 410 water column and 480 ml/min, respectively.

Key words: piezoelectric pump; double series-wound chambers; passive check valve